

**¿CÓMO APORTAR AL DESARROLLO SOSTENIBLE HACIENDO UN BUEN USO Y
APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS COMO EL BAGAZO DE LAS MICRO
CERVECERÍAS EN BOGOTÁ D.C.?**

**VÍCTOR HUGO PACHECO PEÑA
GABRIEL MARTÍNEZ RAMIREZ
JUAN SEBASTIAN PASCUAS ROJAS**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

Orientador:

JULIÁN ANDRÉS GÓMEZ VARGAS

Ingeniero industrial

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTA D.C.**

2022
NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C., diciembre de 2021.

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro.

Dr. Mario Posada García-Peña.

Consejero Institucional.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña.

Vicerrectora Académica y de Investigación.

Dra. Alexandra Mejía Guzmán.

Vicerrector Administrativo y Financiero.

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro.

Secretario General.

Dr. José Luis Macías Rodríguez.

Decano Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

Dr. Marcel Hofstetter Gascon.

Director Especialización en Gerencia de Proyectos.

Dr. Julián Andrés Gómez Vargas.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de grado a nuestros familiares y amigos, por toda su comprensión y apoyo en el transcurso de esta especialización.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres y hermanos que nos apoyaron incondicionalmente en todas las decisiones que hemos tomado a lo largo de nuestras vidas y guiaron nuestros caminos durante esta etapa, acompañándonos y aconsejándonos. ¡Los amamos!

Adicionalmente, agradecemos a nuestros amigos, por todas las horas de estudio, por ayudarnos en las materias que se nos dificultaron, por compartir nuestros logros y por estar siempre que los necesitamos. Los queremos y esperamos seguir compartiendo con ustedes nuevas experiencias.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
1. JUSTIFICACIÓN	11
2. PRODUCCIÓN DECERVEZA	12
2.1. Producción de micro cervecerías	12
2.2. Proceso de elaboración	14
3. CARACTERÍSTICAS DEL BAGAZO	16
3.1. Generalidades	16
3.2. Composición del bagazo	17
3.3. Secado del bagazo	19
4. VENTAJAS DEL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO	21
5. PRODUCTOS GENERADOS A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO	23
5.1. Forraje para animales	23
5.2. Compost	25
6. ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS PRODUCTOS	27
6.1. Costos del forraje	27
6.2. Costos del compost	29
7. CONCLUSIONES	33
BIBLIOGRAFÍA	34

RESUMEN

En el presente trabajo se pone en evidencia una problemática medioambiental generada por el aumento de la población, lo que se ve directamente relacionado con una mayor producción de las grandes industrias y su actual modelo de tomar, hacer y desechar. Lo que se busca es proponer una alternativa de desarrollo sostenible a partir de un sector o una industria en particular que se encuentra en crecimiento, como lo es la micro cervecería, específicamente en la ciudad de Bogotá D.C., y como mediante el uso de un subproducto del proceso cervecero, como lo es el bagazo, podemos optar por un modelo de tomar, hacer y reciclar, generando nuevos productos que pueden ser implementados en el mercado, usando residuos como materia prima, y así disminuir la cantidad de desechos, en este caso sólidos, que tienen como destino final los rellenos sanitarios.

PALABRAS CLAVE: residuo, subproducto, cerveza, bagazo, aprovechamiento, micro cervecería.

INTRODUCCIÓN

El actual modelo económico lineal basado en tomar, hacer y desechar es despilfarrador, es el responsable en gran medida del cambio climático y el agotamiento de los recursos. En este sentido, se considera pertinente adoptar un nuevo modelo económico. La economía circular ofrece un marco de soluciones sistemática para el desarrollo económico abordando profundamente la causa de retos mundiales tales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el incremento de residuos y de contaminación, al tiempo que revela grandes oportunidades de crecimiento. (Albaaladejo & Mirazo, 2021).

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más consumidas y con mayor producción en el mundo. Su elaboración consta de una serie de etapas: molienda, macerado, filtración, cocción, fermentación, maduración, y finalmente envasado. La búsqueda de nuevas alternativas que permitan avanzar en la gestión de la economía circular en el proceso de producción de cerveza es una de las prioridades actuales, además de una apuesta por la reducción, reutilización de residuos.

En los últimos 50 años la población mundial se ha duplicado lo que con lleva a multiplicar la producción de las empresas para satisfacer las necesidades del hombre. La situación actual de Bogotá es preocupante cuando se trata del medio ambiente, la producción masiva de las grandes empresas genera cantidades de contaminantes que son enviados directamente a la atmosfera en ocasiones sin control alguno en caso de ser gases, o a rellenos sanitarios para el caso de los desechos sólidos.

La industria cervecera artesanal en Colombia ha aumentado su participación hasta alcanzar un 0,5% de participación en el mercado en el 2020, en la cual existen alrededor de 255 empresas denominadas “micro cervecerías” tan solo en Bogotá. A pesar del monopolio impuesto por Bavaria, estas compañías de cerveza artesanal han encontrado oportunidades para acceder a un mercado en el cual la demanda consumidora de esta bebida se encuentra en el 66% de la población. En adición, dicho público objetivo denota un interés en adquirir productos diferentes a la oferta corriente, al optar por sabores, aromas y conceptos diferentes que justamente son cualidades con las que la cerveza artesanal ha incursionado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer posibles productos alternos, aprovechando el residuo del bagazo generado por las micro cervecerías en Bogotá D.C.

Objetivos específicos

- Identificar las ventajas del aprovechamiento del bagazo como desarrollo sostenible.
- Determinar dos productos generados a partir del bagazo cervecero.
- Realizar un análisis de costos para el desarrollo de productos a partir del bagazo a escala micro.

1. JUSTIFICACIÓN

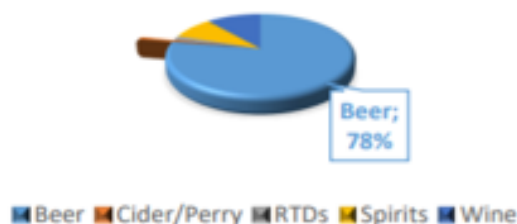
Hoy en día la idea de convertir los desechos de la industria alimentaria en energía y compuestos útiles, usando tecnologías que respeten el medio y económicamente sostenibles, representa un área de gran potencia y oportunidades. En este sentido, los desechos de cervecería, principalmente bagazo, representan un gran inconveniente para el medio ambiente debido al alto valor nutricional y alta concentración de compuestos orgánicos que contienen. Algunos estudios han tratado sobre la revalorización de este subproducto como alimentación animal o uso energético. Sin embargo, los estudios relacionados con el uso de este subproducto para la obtención de compuestos de gran valor como antioxidantes son escasos.

En este trabajo se pretende estudiar el potencial de revalorización del bagazo que se produce de la fabricación de cerveza artesanal en Bogotá, Partiendo de que el altiplano cundiboyacense son los departamentos más fuertes productores de cebada, siendo Cundinamarca el segundo cosechando aproximadamente 2.8 toneladas por hectárea, por otro lado, teniendo en cuenta que el 95% del consumo nacional de la cebada es para la industria cervecera.

Las micro cervecerías se han abierto paso en el mercado con una producción cada vez mayor en los últimos años y se prevé un mantenimiento de la tendencia de crecimiento del volumen de producción a corto y mediano plazo. (Euromonitor, Market Sizes, 2020).

Figura 1.

Tamaño del Mercado Bebidas alcohólicas, 2018



Nota. La figura muestra el consumo en porcentajes de bebidas alcohólicas, grafico elaboración propia. Tomando los datos Euro monitor, Market Sizes, 2020.

2. PRODUCCION DE CERVEZA

2.1 Producción de Micros cervezas

Partiendo de la probabilidad que la cerveza es de las bebidas alcohólicas más antiguas creada por la humanidad, su proceso de elaboración inicio en el Medio Oriente por más de 10,000 años. En la actualidad, la cerveza se obtiene de cereales malteados en un proceso de fermentación con un contenido de alcohol superior al 0.5% “la cerveza es la bebida más popular en todo el mundo. De hecho, después del agua y el té, la cerveza es la bebida más consumida en el mundo” (Fox,2020).

Despues de analizar el grafico generado con los datos de Euromonitor el mercado de bebidas alcoholicas en el mudo en el año 2018, muestra una inclinacion bastante notoria al consumo de la cerveza tanto industrial como artesanal, alrededor del 78% de los consumidores optan por beber cerveza por encima de otras bebidas alcoholicas tanto fermentadas como destiladas.

Aunque la cerveza industrial ha venido perdiendo participación en el mercado desde el año 2013, alcanzando una pérdida acumulada de 9.7% hasta el año 2018; parte de este espacio ha sido ocupado por los cerveceros artesanales, quienes han incrementado su participación en el mercado en 4.6% en el mismo periodo, reflejado en el crecimiento de la producción año tras año, pasando de un volumen de 2,949.80 millones de litros en el 2014 a 5,591.80 en el 2018 (Euromonitor, Market Sizes, 2020).

En el 2018 Colombia se encontraba en el 4to puesto de los productores de cerveza artesanal en America Latina con un volumen de produccion de alrededor de 30 millones de litros en dicho periodo, por encima de este se encuentran Brasil, Argentina y Chile.

La demanda de la cerveza artesanal en colombia se debe no solo a los altos impuestos sobre las otras bebidas alcoholicas, sino a la creciente disponibilidad de cervezas artesanales en las tiendas minoristas, asi como la expansion de los pubs en el pais, debido a la asequibilidad y diversificacion de las marcas de cerveza (COUNTRY REPORT, AUG 2020).

La cervecera artesanal beer confirmo a través de un estudio, que “en promedio un colombiano consumidor de esta bebida destina \$960.000 al consumo de cerveza al año. En lo que compete que dichas personas invierten alrededor de \$45.000 que equivale a dos litros de cerveza y un plato de comida” (Finanzas Personales.co ,2018). Generando un consumo aproximado de 8 millones de litros por año, se evidencia que hay una demanda significativa y un crecimiento de este tipo de bebida.

Figura 2.

Distribución de cervecerías artesanales en Colombia



Nota. La figura muestra la distribución de cervecerías artesanales en Colombia. Tomado de Cortez, H., Mora, M., Zabaleta, L. & Segura, J. (2020). Repository.ean.edu.co. Recuperado 28 Noviembre 2020, disponible en <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9916/JeidySegura2020;jsessionid=622652D60F32E9BFC77603BDF28A3C50?sequence=1>.

Según la información evidenciada en la figura 2, aproximadamente 255 cervecerías se encuentran activas, siendo la mayor concentración en Bogotá y los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca, Boyacá y Santander. Aunque el sector microcervecero se encuentre en desarrollo, es posible identificar algunas barreras de entrada para este tipo de negocio, como lo dice el fundador de Slow Beer, Carlos Agustí: “incursionar en esta industria no es fácil ni económico; elaborar la cerveza es costoso. O. Por un lado, están los ingredientes, y por otro, los elementos de cocción: hay que contar con una planta que, aunque sea modesta, permita generar ciertos volúmenes de producción para que sea rentable. Es un sector en el que no todo el mundo puede emprender y en el que hay que apuntarle a un público con cierto poder adquisitivo” (Portafolio, 2019).

2.2 Proceso de elaboración

En el proceso de la elaboración de la cerveza se seleccionan granos de cereal para transformarlos en malta mediante un proceso de germinación controlado. El color y sabor de la cerveza está determinado por el grado de tostión de la malta; (Lea Andrew & Piggott, 2003); a pesar de ello, no es el único factor que establece el color y sabor de una cerveza; el tiempo de ebullición, el método de calentamiento y la capacidad de la levadura de consumir alcohol, son variables determinantes en el proceso de preparación de los caracterizados estilos de cerveza (Palmer, 2017).

En la cerveza, la mayor parte de los minerales se originan en la cebada, agua y lúpulo, éstos determinan las condiciones de sabor, en lo que se refiere a lo dulce, amargo o agrio de la cerveza. “Alrededor del 75% proviene de la malta, mientras que el 25% restante proviene del agua, estos minerales tienen una importancia nutricional e igualmente contribuyen al sabor de la cerveza” (Montanari, Mayer, Marconi, & Fantozzi, 2009).

La fermentación es una etapa diferencial para la elaboración de cervezas tipo lager o ale; condiciones como la especie de levadura, que para el caso de la producción de cervezas lager se usa la cepa *Saccharomyces pastorianus*, y para la producción de cervezas ale

se usa la cepa *Saccharomyces cerevisiae*; así como el tipo de fermentación, baja para las lager y alta para las ale; temperatura, 8-13°C para las lager y 15-25°C para las ale; son factores considerables para la fabricación y refinación de las dos familias principales de bebidas a base de granos, lager y ale (Palmer, 2017).

3. CARACTERÍSTICAS DEL BAGAZO

3.1 Generalidades

El bagazo cervecero es un residuo del proceso de producción de cerveza, este es un subproducto específicamente de la etapa de macerado, en donde los granos molidos de cebada malteada son agregados a un tanque con agua caliente, en el intervalo de 60 – 70 °C, por un tiempo entre 60 – 90 minutos dependiendo del estilo de cerveza. Este procedimiento se hace con el fin de promover la acción de enzimas que extraigan azúcares de la cebada malteada y con esto obtener un caldo de cultivo que posteriormente será fermentado al que se le denomina mosto. Este mosto después del tanque de maceración es llevado a un tanque de cocción donde se integrarán más aromas, amargor y sabores agregando lúpulo y ocasionalmente otros ingredientes. En el tanque donde se hizo el macerado hay un falso fondo que impide el paso de la cama de grano asentada en la parte inferior del equipo para que solo pase líquido por la tubería de salida, el mosto, compuesto por agua y azúcares disueltos. Simultáneo al paso del mosto al tanque de cocción, en el tanque de macerado se hace un lavado del mosto con el fin de arrastrar la mayor cantidad de azúcares posible. Cuando termina este lavado, queda esta cama de grano húmeda llamada bagazo.

Figura 3.

Bagazo cervecero húmedo en el fondo del tanque de maceración.



Nota. Cama de grano reposada en el fondo del tanque de maceración (torta húmeda).

Figura 4.

Bagazo húmedo



Nota. Grano de malta molido, húmedo y con baja concentración de azúcares.

El bagazo es materia orgánica la cual puede ser reutilizada como materia prima en nuevos procesos productivos, sin embargo, por su humedad y su composición que tiene trazas de azúcares y un porcentaje de proteínas este se ve expuesto a contaminación si no se le da un trato adecuado de manera inmediata, implementando buenas prácticas de manufactura asegurando la inocuidad.

El bagazo es el producto resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cebada malteado, rico en proteína y fibra. El bagazo es el subproducto que se produce en mayor medida, representando el 85 % de todos los residuos producidos en la industria cervecera (Sandra-Esteban, 2019). Se compone principalmente de la cáscara, pericarpio y cubiertas de la semilla de la cebada. Dependiendo de la uniformidad del malteado, pueden quedar en mayor o menor cantidad restos de almidón en el endospermo y restos de pared celular. Aun así, el contenido de almidón es insignificante comparado a los compuestos de las paredes celulares de la cáscara, pericarpio y cubiertas de la semilla, las cuales son abundantes en celulosa, lignina, proteínas, lípidos y residuos de lúpulo introducidos durante la preparación utilizada (Pantoja, 2020).

La reutilización del bagazo conlleva un proceso previo de prensado, que reduce su humedad del 80% del que sale de fábrica a un 60%, incrementando de esta forma su tiempo de conservación (Sandra-Esteban, 2019).

3.2 Composición del bagazo

La composición química varía de acuerdo con las variedades de cebada utilizada, las condiciones de cosecha, malteado y maceración del proceso, como también, la calidad y cantidad de agregados al momento de la elaboración. Diversos autores coinciden en tratar al bagazo como un material lignocelulósico rico en proteínas y fibra. En la siguiente tabla se detallan sus principales componentes:

Tabla 1.

Composición química del bagazo cervecero húmedo.

AGUA	70 al 75%
PROTEINAS	15 al 25%
FIBRAS	celulosa 15-25%, hemicelulosa 28-35% y lignina 28%
LÍPIDOS	4 al 18%
MINERALES	Calcio, fósforo y selenio
VITAMINAS	biotina, ácido fólico, vitamina B6, entre otras
AMINOÁCIDOS	leucina, valina, alanina, glicina, arginina, triptófano, fenilalanina, glutámico y ácido aspártico, entre otros

Nota. La tabla evidencia la composición química del bagazo cervecero húmedo. Tomado de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2019). Bagazo de cerveza, un subproducto con múltiples aplicaciones. Recuperado el 29/11/2021 de <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/TendenciaBagazo>.

Su contenido en materia seca es de un 20-25 %. La energía metabolizable de este subproducto es de 2,86 Mcal/kg. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7 %/h (Pantoja, 2020). Debido a estas características, el bagazo tiene varios destinos posibles, entre los que podemos encontrar el consumo humano, la producción de energía por combustión directa, la producción de biogás por fermentación directa, el cultivo de microorganismos y la

obtención de bioproductos de la fermentación, entre otros (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019).

El bagazo cervecero seco generalmente está compuesto de un 15 - 26% de proteínas y un 70% de fibras, que incluyen celulosa (entre 15.5 y 25%), hemicelulosa (28 a 35%) y lignina (aproximadamente el 28%). También puede contener lípidos (entre 3.9 y 18%, de los cuales el 67% son triglicéridos), cenizas (2.5 a 4.5%), vitaminas, aminoácidos y compuestos fenólicos. Entre los componentes minerales se cuentan el calcio, fósforo y selenio. También contiene biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y vitamina B6. Entre los aminoácidos están presentes la leucina, valina, alanina, serina, glicina, tirosina, lisina, prolina, treonina, arginina, cistina, histidina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptófano, glutámico y ácido aspártico (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019).

3.3 Secado del Bagazo

El uso del calor radiante del sol es el procedimiento de secado más antiguo para los productos agropecuarios. No obstante, el secado al aire tiene limitaciones como: “Los elevados costos de mano de obra, la necesidad de grandes superficies, ausencia de control del proceso de secado, infestación por insectos, posible degradación de los productos debida a reacciones bioquímicas y desarrollo de microorganismos, debido entre otras cosas a los largos tiempos de secado”. La ventaja más importante de la energía solar “es que se trata de una energía libre, no contaminante, renovable y abundante que no puede ser monopolizada y satisface los requerimientos globales para el desarrollo sostenible” (De Guzmán y Meythaler, 2007, p.50). Las estructuras de los secadores solares se ajustan de acuerdo con la cantidad y características del material a secar, así como por la forma de utilizar la energía.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el secado del bagazo se podría realizar con un sistema de secado natural con energía proveniente de la fermentación de sus azúcares y del medio ambiente. No obstante, existen ciertas desventajas con este sistema de secado como las que se mencionan a continuación:

- Se necesita disponer de un área de secado mayor comparado con otros sistemas de secado.
- La necesidad de un área mayor aumenta los costos de compra o arriendo del terreno.
- Como se construyen grandes arrumes de bagazo y se recibe poca energía del medio ambiente (teniendo en cuenta que los periodos de irradiación con luz solar no son continuos y también dependen de las condiciones climáticas), el secado del bagazo es muy lento.

Debido a la baja eficiencia de los sistemas de secado basados en la irradiación de luz solar, se plantean diferentes alternativas para realizar este proceso de operaciones con sólidos. Inicialmente se recomienda comprimir el material húmedo mediante el uso de una prensa hidráulica para eliminar un porcentaje de su contenido de agua y a la vez disminuir su peso y volumen, esto facilitará el posterior trabajo de equipos tales como hornos deshidratadores, estufas, secadores de bandejas, secadores de túnel, secadores rotatorios, secadores al vacío, etc., ya que será necesaria una menor cantidad de energía. Para la elección de cualquiera de los sistemas o equipos de secado mencionados anteriormente, se debe hacer un dimensionamiento del proceso y tener en cuenta la cantidad de material a secar, el área que ocupa cada uno de los equipos, la energía que consumen, la tecnología que utilizan, y su costo.

4. VENTAJAS DEL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO

La principal materia prima utilizada en la producción es la cebada malteada. Es sometida a un proceso de cocción y maceración del que resulta el mosto cervecero, licor que luego atraviesa una etapa de fermentación para lograr el resultado final. En este proceso se producen cantidades importantes de un residuo insoluble, conocido localmente como bagazo cervecero e internacionalmente como “Brewer’s spent grain” (BSG) (Lynch, et al., 2016). Este subproducto representa el 85% de los residuos y es en promedio el 31% del peso original de la malta utilizada durante el proceso (Nigam, 2017).

Esta materia prima es de gran interés para su aplicación en diferentes áreas debido a su disponibilidad durante todo el año, bajo costo y por su gran composición química. Esta es mayormente destinada a la alimentación de ganado y en algunos casos se emplea como abono en tierras de cultivo, sin embargo, en las zonas urbanizadas se considera un serio problema ambiental.

Debido a que este subproducto requiere una disposición final en un vertedero o en un relleno sanitario, donde su descomposición de forma anaeróbica genera metano, un gas de efecto invernadero 25 veces más potente que el dióxido de carbono, que además puede persistir durante varias décadas después de la eliminación de residuos, generando así un fuerte impacto sobre el ambiente.

Por este motivo, la utilización de bagazo como insumo para elaborar productos de consumo humano, es una propuesta sumamente acertada como ejemplo de economía circular; que a diferencia del modelo lineal lleva a cabo los principios de regeneración y restauración del capital natural. El bagazo representa una oportunidad para reinsertar en un proceso productivo, un nuevo insumo de tipo renovable en deterioro de fuentes no renovables o de impacto ambiental negativo.

El uso eficiente de este subproducto cervecero tiene un impacto positivo directo sobre la economía y la reducción de la contaminación ambiental. En cambio, no aprovecharlo conduce hacia la pérdida de ingresos potenciales y, adicionalmente, su eliminación

conlleva un costo adicional y creciente. Aprovecharlo es el puntapié inicial para encarar el desarrollo de procesos encaminados hacia una producción cervecera sostenible, que derive en el aprovechamiento de la materia prima “desechada” y en la generación de productos con valor agregado.

El aprovechamiento del bagazo es una medida efectiva para fortalecer una producción sostenible y las prácticas bajas en emisiones, que son recomendadas como eje del “Plan de Acción en Cambio Climático” fijado por la Ley de adaptación y mitigación al cambio climático (Ley N° 1931/ 27 de julio de 2018). También contribuye con las metas del objetivo 12 sobre producción y consumo responsable de la agenda 2030 de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) fijada por las Naciones Unidas.

En virtud de que el bagazo posee una riqueza en cuanto a composición química cuenta con un amplio abanico de destinos posibles para su reutilización, entre ellos:

- Consumo humano.
- Producción de energía por combustión.
- Cultivo de microorganismos.
- Obtención de bioproductos de fermentación.
- Producción de carbón.

Ante el actual y reconocido crecimiento de las industrias cerveceras artesanales e industriales de los últimos años, el subproducto Bagazo de Cebada Cervecera, se encuentra disponible en gran volumen. Por tanto, hacer un buen uso de esta materia prima es factible para lograr los objetivos de economía circular (minimiza pérdidas y desperdicios) y potenciar las posibilidades de crecimiento de la industria de manera sustentable, generando un impacto social y ambiental positivo.

5. PRODUCTOS GENERADOS APARTIR DEL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO

5.1 Forraje para animales

Son muchos los ejemplos que se podrían citar acerca del uso de los subproductos de cervecería, sin embargo, su utilización ha sido enfocada en gran medida al desarrollo de suplementos para raciones de ganado bovino para carne y leche. Los subproductos de cervecería pueden clasificarse para su empleo de acuerdo con el contenido de proteína y de fibra, conceptos de gran importancia económica y nutricional en el desarrollo de una formulación.

El bagazo de cerveza es un subproducto rico en proteína, siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 8%. Es un subproducto rico también en fibra, con un contenido en FDN (fibra detergente neutro) del 53% y en FDA (fibra detergente ácido) del 27%, aunque se trata de una fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 4% y el de cenizas de un 4%. (Bordenave, Buenos Aires 2014.)

Figura 5.

Alimentacion animal. Elaboracion de Pellets.



Nota. La figura muestra materia orgánica pelletizada. Tomado de Redmidia. (2021). Recuperado 1 Diciembre 2021, de [https://redmidia.com/veterinaria/alimentacion-animal-elaboracion-pellets/.](https://redmidia.com/veterinaria/alimentacion-animal-elaboracion-pellets/)

A nivel nacional el uso del afrecho de cebada, el germen de malta se realiza a diario ya que sirve como base de formulación de los productos que actualmente se producen; además, el ingreso de nuevas empresas cerveceras permitirá aumentar el volumen de estos subproductos en el mercado.

El incremento de la utilización de afrecho seco de cerveza (29.2% de proteína) mejoro la producción de leche al pico de producción en vacas multíparas que consumían pasto kikuyo en mezcla con pasto Rye grass y trébol blanco, además de ampliar la relación leche suplemento (R.L/S) de 3.57 a 3.91, con los cual los resultados económicos mejoran. El uso del afrecho de cervecería en los suplementos para ganado depende de la disponibilidad del subproducto y de las relaciones nutricionales de energía y proteína y su precio relativo frente a sustitutos tales como la soya extruida, harina de pescado y las tortas proteicas (Bordenave, Buenos Aires 2014).

El proceso de peletizado consiste en la aglomeración de las pequeñas partículas de una mezcla, en unidades largas o comprimidos densos mediante un proceso mecánico combinado con la humedad, el calor y la presión; todo ello determina una mejora de las características de los alimentos balanceados pecuarios (Behnke K., 2001).

Dicho proceso inicia con la molienda de los restos orgánicos para convertirlos en harinas homogéneas que luego son mezcladas con nutrientes también naturales y de alto valor nutritivo.

El peletizado es un proceso húmedo y con calor, la temperatura que alcanza el producto es de 82 a 88°C, con 15.5-17% de humedad durante 30 a 45 segundos. Al utilizar calor se logra la gelatinización de los almidones y mayor absorción de los nutrientes, además disminuye el número de agentes patógenos que pudieran estar contaminando el producto, mientras que con la humedad hay una mayor lubricación, ablandamiento y gelatinización de los almidones ("ALIMENTACIÓN ANIMAL. ELABORACIÓN DE PELLETS", 2021).

5.2 Compost

Debido a la naturaleza orgánica del bagazo de cebada, este residuo tiene potencial como insumo principal para el proceso de compostaje, mejorando física, biológica y químicamente el suelo, al aportarle nutrientes que incrementan la productividad (Hernández et al., 2016). En este contexto, el proceso de compostaje se define como un proceso biológico controlado de conversión de residuos orgánicos, donde organismos como bacterias, hongos, e incluso animales como los gusanos, hidrolizan los polímeros que componen el bagazo, dando como resultado monosacáridos, aminoácidos, ácidos grasos, alcoholes, hidrógeno y CO₂ (Ruíz, 2009).

Los beneficios de esta práctica por un lado son aportar nuevos nutrientes y movilizar los existentes en el suelo, permitiendo que el humus se combine con moléculas orgánicas. Asimismo, aumenta la actividad microbiana y dinamiza los ciclos biológicos del suelo, mejorando el metabolismo de las plantas e incrementando la biomasa del terreno. Por otro lado, mejora la capacidad de retención y almacenamiento de agua, favorece la germinación y el crecimiento de las raíces, permite mayor presencia de oxígeno y mejora la estabilidad del suelo (BBVA, 2021).

La producción de compost se describe en cuatro fases las cuales se mencionan a continuación:

- Fase mesófila: Esta es la primera fase del proceso de producción de compost, en la cual la materia orgánica inicia a temperatura ambiente y aumenta progresivamente gracias a la actividad de los microorganismos o alguna fuente de calor externa.
- Fase termófila: Esta fase inicia cuando la materia orgánica ha superado los 40°C, aquí los microorganismos mesófilos se desactivan y se activan los termófilos, los cuales continúan ayudando al proceso de descomposición del material, que sigue aumentando su temperatura. Lo ideal es no elevar la temperatura por encima de los 70°C, ya que se pueden empezar a generar reacciones químicas indeseadas que alterarían la calidad del compost.

- Fase de enfriamiento o fase mesófila: En esta fase la temperatura desciende buscando llegar nuevamente hasta temperatura ambiente. Se tiene dos opciones en esta fase, la primera de ellas es agregar más materia orgánica, homogenizarla y que la temperatura vuelva a aumentar. La segunda opción es dejar que la temperatura descienda hasta la temperatura ambiente y así pasar a la última fase.
- Fase de maduración: Después de haber bajado la temperatura el compost llega a su última etapa que es la maduración, que tiene como objetivo consolidar las moléculas nuevas y sumar nuevas poblaciones de organismos y microorganismos.

Un factor clave en el compostaje es la relación de carbono y nitrógeno, la cual se recomienda sea de 25 a 1 respectivamente. Adicionalmente para que las fases del compost tengan continuidad es importante que la mezcla siempre esté húmeda y que haya presencia de oxígeno en el sistema para no frenar la actividad de los microorganismos aerobios que se encuentran en el material (BBVA, 2021).

El proceso de producción de compost se puede realizar en un tanque, con una abertura que permita la entrada de oxígeno al sistema, o en un equipo especializado para la producción de compost. El tiempo para producir el compost depende del método utilizado y las condiciones que se le brinden a los organismos y microorganismos para descomponer la materia orgánica.

6. ANALISIS DE COSTOS DE LOS PRODUCTOS

6.1 Costos del forraje

La cantidad de materia prima necesitada para la producción de 25 Kg de forraje es:

Bagazo de cerveza húmedo: 100 Kg

Se toma como base estos 100 Kg de bagazo húmedo ya que es aproximadamente la cantidad bagazo generado en una micro cervecería que tenga capacidad para producir un lote de 80 litros diarios.

El costo de la materia prima por Kilogramo es de:

Bagazo de cerveza húmedo = Costo nulo

Considerando que el bagazo es subproducto del proceso productivo de cerveza, se toma como costo nulo ya que este trabajo está enfocado a la propuesta de implementación dentro de la misma micro cervecería.

Costo de la materia prima para la producción de 25 Kg de forraje:

Costo 100 Kg de bagazo húmedo = Costo Kg * Masa (Kg)

Costo 100 Kg de bagazo húmedo = \$ 0 COP/Kg * 100 Kg = \$ 0 COP

Esto indica que el precio de la materia prima para producir 25 Kg de forraje para animales es de \$ 0 COP.

La selección de los equipos se hizo con base en los mismos 100 Kg de bagazo húmedo generados por lote de cerveza. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el dimensionamiento del espacio en cada planta y la capacidad adquisitiva para la compra de los mismos.

Costo prensa hidráulica 6 toneladas: \$ 594.900 COP

Costo horno deshidratador: \$ 9.850.000 COP

Costo peletizadora eléctrica 50-100 Kg/h: \$ 5.600.000 COP

Costo empacadora Selladora al vacío: \$ 542.500 COP

Costo equipos = Costo prensa hidráulica 6 toneladas + Costo horno deshidratador +
Costo peletizadora eléctrica + Costo empacadora Selladora al vacío

Costo equipos = \$ 594.900 COP + \$ 9.850.000 COP + \$ 5.600.000 COP + \$ 542.500
COP

Costo equipos = \$ 16.587.400 COP

El proceso por el que pasa el bagazo cervecero para llegar a ser forraje en forma de pellet se desarrolla en cascada, por ende, solo es necesario un operario, del cual se necesitará su trabajo dos días por lote.

Costo mano de obra diaria: \$ 50.000 COP/día

Costo mano de obra por lote = Costo mano de obra diaria * Cantidad de días

Costo mano de obra por lote = \$ 50.000 COP/día * 2 días = \$ 100.000 COP

Costo total para la producción de 25 Kg de forraje = Costo 100 Kg de bagazo húmedo +
costo de equipos + costo de mano de obra

Costo total para la producción de 25 Kg de forraje = \$ 0 COP + \$ 16.587.400 COP + \$
100.000 COP

Costo total para la producción de 25 Kg de forraje = \$ 16.687.400 COP

El costo total para la producción de 25 Kg de forraje se presupuestó contemplando que se debe hacer una inversión inicial en la compra de equipos, los cuales no serán tenidos en cuenta en los costos de producción posteriores, si no únicamente el costo de la materia prima y el costo de mano de obra. Es decir que se calcularía de la siguiente forma:

Costo total para la producción de 25 Kg de forraje = Costo 100 Kg de bagazo húmedo + costo de mano de obra

Costo total para la producción de 25 Kg de forraje = \$ 0 COP + \$ 100.000 COP

Costo total para la producción de 25 Kg de forraje = \$ 100.000 COP

Costo de 1 Kg de forraje = Costo total para la producción de 25 Kg de forraje / 25

Costo de 1 Kg de forraje = \$ 100.000 COP / 25

Costo de 1 Kg de forraje = \$ 4.000 COP

El bulto de 40 Kg de forraje está alrededor de los \$ 62.480 COP, es decir que el kilogramo de forraje en el mercado es de \$ 1.562 COP ("Precios | Fedegan", 2021).

6.2 Costos del compost

El costo de la materia prima por Kilogramo es de:

Bagazo de cerveza húmedo = Costo nulo

Considerando que el bagazo es subproducto del proceso productivo de cerveza, se toma como costo nulo ya que este trabajo está enfocado a la propuesta de implementación dentro de la misma micro cervecería. Nuevamente se toma como base 100 Kg de bagazo húmedo ya que es aproximadamente la cantidad bagazo generado en una micro cervecería que tenga capacidad para producir un lote de 80 litros diarios.

Costo materia prima = \$ 0 COP

La densidad aparente aproximada del bagazo de cerveza húmedo es de 130 Kg / m³ (ferrari et al., 2017).

Teniendo en cuenta la densidad aparente mencionada, se procede a realizar el cálculo del volumen de bagazo para una masa de 100 Kg.

Volumen = masa / densidad

Volumen = 100 Kg / 130 Kg/m³

Volumen = 0.77 m³ = 770 L

La selección de los equipos se hizo considerando procesar alrededor de 770 L por lote.

Costo equipos:

Costo compostera de 300 L = \$ 149.900 COP

Costo total equipos = Costo compostera de 300 L * 3 unidades

Costo total equipos = \$ 149.900 COP * 3 unidades

Costo total equipos = \$ 449.700 COP

Para el proceso de compostaje solo es necesaria mano de obra para la carga y descarga del material al equipo. También es necesario mantener el material húmedo durante el tiempo que está en el equipo de compostaje, sin embargo, no se considera necesario contratar personal para esta labor ya que es muy sencilla y la puede realizar cualquier empleado de la micro cervecería.

Costo mano de obra diaria: \$ 50.000 COP/día

Costo mano de obra por lote = Costo mano de obra diaria * Cantidad de días

Costo mano de obra por lote = \$ 50.000 COP/día * 2 días = \$ 100.000 COP

Costo total para la producción de aproximadamente 0.77 m³ de compost = Costo 100 Kg de bagazo húmedo + costo de equipos + costo de mano de obra

Costo total para la producción de aproximadamente 0.77 m³ de compost = \$ 0 COP + \$ 449.700 COP + \$ 100.000 COP

Costo total para la producción de aproximadamente 0.77 m³ de compost = \$ 549.700 COP

El costo total para la producción de 0.77 m³ de compost se presupuestó contemplando que se debe hacer una inversión inicial en la compra de equipos, los cuales no serán tenidos en cuenta en los costos de producción posteriores, si no únicamente el costo de la materia prima y el costo de mano de obra. Es decir que se calcularía de la siguiente forma:

Costo total para la producción de aproximadamente 0.77 m³ de compost = Costo 100 Kg de bagazo húmedo + costo de mano de obra

Costo total para la producción de aproximadamente 0.77 m³ de compost = \$ 0 COP + \$ 100.000 COP

Costo total para la producción de aproximadamente 0.77 m³ de compost = \$ 100.000 COP

La densidad aparente del compost se encuentra alrededor de los 400 y 700 Kg/m³ (Gordillo y Chávez, 2010). Teniendo en cuenta esto, se procede a calcular la masa de compost producida a partir de 100 Kg de bagazo húmedo con la densidad promedio entre los valores establecidos.

Densidad promedio = 550 Kg/m³

Masa = volumen * densidad

Masa = $0.77 \text{ m}^3 * 550 \text{ Kg/m}^3$

Masa = 423.5 Kg

Costo total para la producción de aproximadamente 423.5 Kg de compost = \$ 100.000 COP

Costo de 1 Kg de compost = Costo total para la producción de aproximadamente 423.5 Kg de compost / 423.5

Costo de 1 Kg de compost = \$ 236.13 COP

El costo del kilogramo de compost en el mercado generalmente está por encima de \$ 1.000 COP.

7. CONCLUSIONES

Para el análisis de costos de cada uno de los productos generados usando bagazo como materia prima, que fueron expuestos en el presente trabajo, no se tuvo en cuenta los costos asociados al consumo de servicios, ni los costos asociados al mantenimiento de equipos, ya que estos valores pueden variar según la zona, especificaciones técnicas de los equipos, y frecuencia de uso.

El mayor obstáculo para el aprovechamiento de subproductos como el bagazo en la mayoría de las micro cervecerías se ve relacionado con la inversión inicial que deben hacer para la compra de los equipos, en los cuales se evidencian costos elevados, sin embargo, estos pueden generar una rentabilidad a largo plazo.

Después de realizar el análisis de costos para la producción de forraje se evidencia la necesidad de procesar mayores cantidades de materia prima para disminuir costos de producción y poder generar utilidades al comercializarlo, ya que el valor de este en el mercado es más económico que el valor resultante en el análisis.

La producción de compost es una alternativa bastante viable para la reutilización del bagazo cervecero, disminuyendo el impacto medioambiental que provoca al ser desechado, y generando utilidades potenciales si se comercializa.

El uso eficiente de este subproducto cervecero tiene un impacto positivo directo sobre la economía y la reducción de la contaminación ambiental. En cambio, no aprovecharlo conduce hacia la pérdida de ingresos potenciales y, adicionalmente, su eliminación conlleva un costo adicional y creciente. Aprovecharlo es el puntapié inicial para encarar el desarrollo de procesos encaminados hacia una producción cervecera sostenible, que derive en el aprovechamiento de la materia prima “desechada” y en la generación de productos con valor agregado.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar-Rivera, N. (2021). *Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel*. Scielo.org.mx. Recuperado 9 December 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140577432011000200008.

ALIMENTACIÓN ANIMAL. ELABORACIÓN DE PELLETS. Redmidia. (2021). Recuperado 1 Diciembre 2021, de <https://redmidia.com/veterinaria/alimentacion-animal-elaboracion-pellets/>.

Bagazo de cerveza húmedo | FEDNA. Fundacionfedna.org. (2021). Recuperado 9 Diciembre 2021, de http://www.fundacionfedna.org/subproductos_fibrosos_humedos/bagazo-de-cerveza-h%C3%BAmedo.

BBVA. (2021). *¿Qué es el compost y cuáles son sus fases? El poder del suelo vivo*. Recuperado el 06/12/2021 de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-suelo-vivo/>

Cortez, H., Mora, M., Zabaleta, L. & Segura, J. (2020). Repository.ean.edu.co. Recuperado 28 Noviembre 2020, tomado de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9916/JeidySegura2020;jsessionid=622652D60F32E9BFC77603BDF28A3C50?sequence=1>.

Díaz, V. B. (2017). *Utilización del grano agotado de cervecerías en la producción de alimentos*.

Fernández Mayer, A. (2014). *Transformación de subproductos y residuos de agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. Boletín Técnico, (20).*

Ferrari, J. L., Villagra, S., Claps, L., & Tittone, P. (2017). *Reutilización de bagazo de cebada cervecera por secado y pelletización como suplemento forrajero.*

Gordillo, F., & Chávez, E. (2010). *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros.* Recuperado 1 Diciembre 2021, de <https://redmidia.com/veterinaria/alimentacion-animal-elaboracion-pellets/>.

Hernández, A., Real, N., Delgado, B., Bautista, L., & Velasco, J. (2016). *Residuos agroindustriales con potencial de compostaje. Revista Agro Producción, 9(8), 10–17.*

Llorca castro, F. (2021). *Recuperado 11 de marzo de 2021, de <http://147.96.70.1https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politicas-y-planes-en-salud/estrategias/3026-estrategia-nacional-de-reciclaje-2016-2021/file22/Web/TFG/TFG/Memoria/SANDRA%20ESTEBAN%20TORRENTE.pdf>*

Loviso, C. L., & Libkind, D. (2019). *Síntesis y regulación de los compuestos del aroma y sabor derivados de la levadura en la cerveza: alcoholes superiores. Revista Argentina de Microbiología, 51(4), 386-397.*

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2019). *Bagazo de cerveza, un subproducto con múltiples aplicaciones. Recuperado el 29/11/2021 de*

<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/documentos/TendenciaBagazo>

Nigam, Poonam Singh (2017). *An overview: Recycling of solid barley waste generated as a by-product in distillery and brewery. Faculty of Life and Health Sciences, Ulster University, Coleraine, Northern Ireland. Waste Management 62 (2017) 255–261.*

Precios | Fedegan. Fedegan.org.co. (2021). *Recuperado 9 de diciembre 2021, de <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/precios>.*

Ramayo Cruz, Pamela (2018). *Aprovechamiento de subproductos derivados de la elaboración de cerveza artesanal. Badajoz, España*

Riveros, M. A. (2021). *Recuperado 11 de marzo de 2021, de <http://www.fedepanela.org.co/publicaciones/cartillas/Subproductos.pdf>*

Ruíz, J. (2009). *Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 978-607-12-0049-5.*

Tamashiro, S. (2021). *Recuperado 11 de marzo de 2021, de <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/usan-residuos-cerveceros-como-insumos-productivos/>*

Torrente, S. E. TRABAJO FIN DE GRADO *Aprovechamiento de los subproductos generados en la industria cervecera.*

Usan residuos cerveceros como insumos productivos | Sobre La Tierra. Sobrelatierra.agro.uba.ar. (2021). *Recuperado 20 Noviembre 2021, de <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/usan-residuos-cerveceros-como-insumos-productivos/>.*

**Usan residuos cerveceros como insumos productivos | Sobre La Tierra. (2021).
Recuperado 5 Diciembre 2021, de <http://sobrelatierra.agro.uba.ar/usan-residuos-cerveceros-como-insumos-productivos/>.**

Villarraga, S., & Claps, L. (2021). Recuperado 11 de marzo de 2021, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/imagenes/articulo_ferrari.pdf